

令和 4 年 5 月 13 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K05140

研究課題名(和文)形状最適化理論の深化と応用

研究課題名(英文)Deepening and applications of shape optimization theories

研究代表者

畔上 秀幸 (AZEGAMI, Hideyuki)

名古屋大学・情報学研究科・教授

研究者番号：70175876

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：偏微分方程式の境界値問題が定義された領域の形状を設計対象にした最適化問題は形状最適化問題とよばれる。その問題を関数空間上で定義して、その上で構成された勾配法やNewton法を用いて解く方法は提案されていた。本研究では、残された理論と応用に関する課題を解決した。残された課題として、最適解の存在定理と形状変動に対する評価関数の2階微分の計算方法を明らかにした。実問題への応用に関して、工学における設計問題だけでなく、医療支援や生体機能の解明などにも役立つことが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義：形状最適化問題は、密度や形状変動を表す関数を設計変数に選ぶことから、関数最適化問題として位置づけられる。本研究では、適切な関数空間上で許容集合を定義して、解がその中に入ることを保証するための条件を明確にすることができた。また、評価関数の2階微分を計算する方法として、これまで知られていなかった方法や領域変動型の問題においては定義を示すことができた。これらの成果は、同類の問題を考える上での基礎を与える。

社会的意義：形状最適化問題は、工学における様々な設計問題だけでなく、医療支援や生体機能の解明などに役立つさまざまな逆問題の解法としても使えることが明らかにされた。

研究成果の概要(英文)：An optimization problem with respect to boundary shape of domain in which boundary value problem of partial differential equation is defined is called the shape optimization problem. In the previous study, defining the problem in an appropriate function space and solving it by the gradient and Newton methods had been presented. In this study, remaining theoretical and practical problems were resolved. As the theoretical problems, the existence theorems of the optimum solutions and the computation method of the second derivative of a cost function with respect to domain variation were revealed. As the practical problems, not only design problems in engineering, but also problems related to medical support and elucidation of biological functions were solved.

研究分野：計算科学

キーワード：偏微分方程式 最適化 数値解析

## 1. 研究開始当初の背景

数値解析理論の進展により、さまざまな現象を精度よく解析することが可能になってきた。それらは、現象を記述する状態変数を未知数とする偏微分方程式が与えられたとき、材料特性を与える係数関数や境界値が与えられた下で、状態変数の数値解を求めることが目標であった。しかしながら、実観測により状態変数のデータが得られているときに、係数関数や境界値を未知数とおいた逆問題や、状態変数とは別に設計変数を定義して、設計変数と状態変数で構成された評価関数を用いて定義された最適化問題の解法に対しては、理論が十分に確立されているとはいえないのが現状である。

これらの課題に対して、研究代表者は、1994年に領域変動を表す変位を設計変数にした形状最適化問題に対して、正則化の機能をもつ勾配法（当時は力法とよんだ）を提案し[1]、工学上重要な問題に適用してきた。その後、その方法は密度を設計変数においた連続体の位相最適化問題にも適用できることを示した。それらの方法は  $H^1$  級の関数空間の勾配法になっていることから、 $H^1$  勾配法とよぶことにした。それらの方法の有効性に関する数学的な証明は、密度変動型の最適化問題に対して文献[2]で、領域変動型の最適化問題に対して文献[3]で示された。また、それらの成果を基礎から解説した書籍[4]が2016年に出版された。

しかしながら、いくつかの重要な理論と応用に関する課題が残されていた。そのうちの一つは、上記の問題に対する最適解が存在するための条件（最適解の存在定理）を明らかにすることであり、もう一つは、実問題への応用の可能性を広げることであった。

## 2. 研究の目的

本研究では、上記のような逆問題や最適化問題に関する課題を解決し、それらの問題に対する数値解析理論をより深化させることが目標である。すなわち、理論においては、最適解の存在定理を示し、その結果に基づいて  $H^1$  勾配法が保証する正則性の範囲を明確にすることである。応用においては、工学における設計問題だけでなく、医療支援や生態機能の解明などにも役立つことを示すことである。

## 3. 研究の方法

理論の課題に対しては、形状最適化問題に対する解の存在を論じた文献[5]を参照し、主要な論法を本研究で扱う問題に適用することによって、最適解の存在定理を得た。その成果については次項で記述する。

応用の課題に対しては、それぞれの現象に精通した専門家らとの共同研究により、実用的な問題を構成して、それらの問題を解くためのプログラムを開発し、それらの問題が可解であることを示した。

## 4. 研究成果

理論に対する主な成果は次のとおりである。

- (1) 研究開始前は、密度変動型や領域変動型の最適化問題における設計変数の許容集合を領域が定義されるために必要な条件を用いて、 $C^{0,1}$ 級の有界な関数の集合として定義していた[4]。しかし、解の存在を保証するためには、基本となる関数空間（ $H^1$ 級の関数空間）のコンパクト集合になるように選ぶ必要があることに気づいた。その条件を満たすために、Rellich-Kondrachovのコンパクト埋蔵定理を用いて、 $H^1 \cup C^{0,1}$ 級の有界な関数の集合を許容集合に選ぶことでコンパクト性を保証した。その結果、解の存在を保証するための条件は以前の条件よりもわずかに強い条件となった。その詳細は文献[6]の第7章から第9章に記載されている。
- (2) Hesse勾配とよぶことができるような新しい2階微分概念を提起した。その概念を基にして、本研究で注目する2つの問題（密度変動型と領域変動型の最適化問題）に対してHesse勾配を評価する方法を明らかにした。その妥当性は、数値例によって確認された。
- (3) 領域変動型の最適化問題では、評価関数の2階微分を定義する際、第1変分と第2変分の間に領域変動の引き戻しを考慮する必要があることが明らかにされた。その詳細は文献[6]の第9章に記載されている。

応用に関する主な成果は次のとおりである。

- (1) 弾性体の強度が最大化するような密度変動型問題に対して、Mises応力のKreisselmeier-Steinhauser関数を評価関数とおいた問題を定式化し、評価関数の2階微分の計算法を示し、この2階微分を使うことで収束性が改善されることを数値例で示した[7]。
- (2) 放射音圧が最大化するように線形弾性体の形状を決定する領域変動型問題の定式化と解法を示し、ギターの最適設計に応用した数値例を示した[8]。
- (3) 流れ場の安定性を向上させる領域変動型問題に対して、一様流れ場におかれた孤立物体や段付き流れ場の形状に対していくつかの局所解が存在することを数値解で示した[9]。

- (4) 線形弾性体の振動モードを魚の泳ぎモードに近づける形状最適化問題の定式化と解法を示し、実際に振動モードが泳ぎモードに近づくことを確認した[10]。また、有限変形を考慮するために、線形弾性体を超弾性体に変更した場合の形状最適化問題を再構成し、その解法と数値例を示した[11]。
- (5) 部分的な Cauchy データから内部の穴形状あるいは外部形状を同定する形状逆問題 (Bernoulli 問題) に対して、部分的な Cauchy データあるいは Neumann データを用いた形状最適化問題による定式化法と  $H^1$  勾配法による解法、および評価関数の 2 階微分を用いた  $H^1$  Newton 法による評価方法と数値例を示した[12,13,14,15]。
- (6) 嚥下運動の機能解明のために、嚥下時の各器官の形状観測データから各器官内部で発生した筋の活動量を同定する逆問題を密度変動型最適化問題の応用によって定式化し、 $H^1$  勾配法による解法と舌に対して解析した結果を示した[16]。
- (7) スポーツシューズに対して、実験によって観測された力が加わったときの変形を理想的な変形に近づくような形状最適化問題を定式化し、 $H^1$  勾配法による解法と数値例を示した[17]。
- (8) 形状最適化問題に対する数値解析の高速化を図るために、通常の計算によって得られた状態変数の結果を標本ベクトルとする Karhunen-Loeve 展開の結果を用いて大規模なモデル縮退を行うことによって数値解析を高速化する方法を提案し、その実施例を示した[18]。また、状態決定問題が非線形問題になった場合は、増分型方程式に対して Karhunen-Loeve 展開を適用することで数値解析の高速化を図れることを示した[19]。
- (9) 特発性側弯症の患者別成因解明と自然経過予測を行えるようにすることを目指して、脊柱側弯症患者の CT 画像データから患者モデルを構築し、正常な脊柱有限要素モデルが患者モデルに近づくような骨量の増減量を同定する逆問題を定式化して、その数値例を示した[20]。

#### <引用文献>

- [1] 畔上秀幸: 領域最適化問題の一解法, 日本機械学会論文集 A 編, 60(574), pp. 1479-1486.
- [2] Azegami, H., Kaizu, S. and Takeuchi, K.: Regular Solution to Topology Optimization Problems of Continua, JSIAM Letters, 3, 2011.01, pp. 1-4, DOI 10.14495/jsiaml.3.1.
- [3] 畔上秀幸: 形状最適化問題の正則化解法, 日本応用数学会論文誌, 23(2), 2014.06, pp. 83-138, DOI 10.11540/jsiamt.24.2\_83.
- [4] 畔上 秀幸, 形状最適化問題, 森北出版, 2016.
- [5] Haslinger, J. and Makinen, R. A. E. Introduction to Shape Optimization: Theory, Approximation, and Computation. SIAM, Philadelphia, 2003.
- [6] Azegami, H.: Shape optimization problems, Springer, Singapore, 2020.10, pp. 1-646, DOI 10.1007/978-981-15-7618-8.
- [7] Chanchaen, W. and Azegami, H.: Topology optimization of density type for a linear elastic body by using the second derivative of a KS function with respect to von Mises stress, Structural and Multidisciplinary Optimization, 58, 2018.08, pp. 935-953, DOI 10.1007/s00158-018-1937-z.
- [8] Hayashi, T. and Azegami, H.: Shape optimization of bodies of musical instruments, JSIAM Letters, 10, 2018.07, pp. 29-32, DOI 10.14495/jsiaml.10.29.
- [9] Kiriya, Y., Katamine, E. and Azegami, H.: Shape optimisation problem for stability of Navier-Stokes flow field, International Journal of Computational Fluid Dynamics, 32(2--3), 2018.09, pp. 68-87, DOI 10.1080/10618562.2018.1500692.
- [10] Chanchaen, W. and Azegami, H.: Shape optimization for a linear elastic fish robot, JSIAM

- Letters, 10, 2018.10, pp. 65-68, DOI 10.14495/jsiaml.10.65.
- [11] Hayashi, T. and Azegami, H.: Shape optimization of a fish-like hyperelastic body vibrating with a swimming mode, *Mechanical Engineering Journal*, 9(1), 2022.02, pp. 1-11, DOI 10.1299/mej.21-00250.
- [12] Rabago, J. F. T. and Azegami, H.: Shape optimization approach to defect-shape identification with convective boundary condition via partial boundary measurement, *Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics*, 36, 2019.01, pp. 131-176, DOI 10.1007/s13160-018-0337-5.
- [13] Rabago, J. F. T. and Azegami, H.: An improved shape optimization formulation of the Bernoulli problem by tracking the Neumann data, *Journal of Engineering Mathematics*, 117, 2019.06, pp. 1-29, DOI 10.1007/s10665-019-10005-x.
- [14] Rabago, J. F. T. and Azegami, H.: A new energy-gap cost functional approach for the exterior Bernoulli free boundary problem, *Evolution Equations and Control Theory (EECT)*, American Institute of Mathematical Sciences, 8(4), 2019.12, pp. 785-824, DOI 10.3934/eect.2019038.
- [15] Rabago, J. F. T. and Azegami, H.: A second-order shape optimization algorithm for solving the exterior Bernoulli free boundary problem using a new boundary cost functional, *Computational Optimization and Applications*, 77(1), 2020.06, pp. 251-305, DOI 10.1007/s10589-020-00199-7.
- [16] Azegami, H., Ono, S., Takeuchi, K., Kikuchi, T., Michiwaki, Y., Hanyuu, K. and Kamiya, T.: Identification of muscle activity in tongue motion during swallowing through medical image data, *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, 17(1), 2022.01, pp. 1-15, DOI 10.1299/jbse.21-00254.
- [17] Nonogawa, M., Takeuchi, K. and Azegami, H.: Shape optimization of running shoes with desired deformation properties, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 62(3), 2020.08, pp. 1535-1546, DOI 10.1007/s00158-020-02560-0.
- [18] Tango, S. and Azegami, H.: Acceleration of shape optimization analysis using model order reduction by {Karhunen-Loève} expansion, *Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics*, 39(1), 2022.01, pp. 385-401, DOI 10.1007/s13160-021-00489-5.
- [19] Tango, S., Shimomoto, S. and Azegami, H.: Model order reduction using {Karhunen-Loève} expansion in shape optimization analysis of hyperelastic body, *Mechanical Engineering Journal*, 9(1), 2022.02, pp. 1-20, DOI 10.1299/mej.21-00275.
- [20] 三本康貴, 杉浦晴海, 畔上秀幸: 特発性側彎症患者の医用画像データに基づく骨量増減同定と自然経過予測の可能性, 日本応用数理学会 2022 年研究部会連合発表会, 2022.3.8-9 (講演).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計18件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 18件）

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>新谷浩平, 畔上秀幸, 山田崇恭   | 4. 巻<br>87            |
| 2. 論文標題<br>材料物性値のばらつきを考慮した複数材料ロバストポロジー最適化  | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>日本機械学会論文集  | 6. 最初と最後の頁<br>1-16    |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1299/transjsme.21-00138   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-             |
| 1. 著者名<br>Mai Nonogawa, Seigo Nakaya, Masashi Isobe, Kenzen Takeuchi, Hideyuki Azegami   | 4. 巻<br>8             |
| 2. 論文標題<br>Developing a three-dimensional numerical foot model and identifying the loading condition for designing a stable sole for running shoes | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>Mechanical Engineering Journal   | 6. 最初と最後の頁<br>1-9     |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1299/mej.21-00200   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-             |
| 1. 著者名<br>Hideyuki Azegami, Shinjiro Ono, Kenzen Takeuchi, Takahiro Kikuchi, Yukihiro Michiwaki, Keigo Hanyuu, Testu Kamiya                        | 4. 巻<br>17            |
| 2. 論文標題<br>Identification of muscle activity in tongue motion during swallowing through medical image data   | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Biomechanical Science and Engineering   | 6. 最初と最後の頁<br>1-15    |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1299/jbse.21-00254  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-             |
| 1. 著者名<br>Shuichi Tango, Hideyuki Azegami  | 4. 巻<br>39            |
| 2. 論文標題<br>Acceleration of shape optimization analysis using model order reduction by Karhunen-Loeve expansion                                     | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics  | 6. 最初と最後の頁<br>385-401 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s13160-021-00489-5   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-             |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>Shuichi Tango, Tsubasa Shimomoto, Hideyuki Azegami  | 4. 巻<br>9          |
| 2. 論文標題<br>Model order reduction using Karhunen-Loeve expansion in shape optimization analysis of hyperelastic body | 5. 発行年<br>2022年    |
| 3. 雑誌名<br>Mechanical Engineering Journal  | 6. 最初と最後の頁<br>1-20 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1299/mej.21-00275  | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>-          |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>Takuya Hayashi, Hideyuki Azegami  | 4. 巻<br>9          |
| 2. 論文標題<br>Shape optimization of a fish-like hyperelastic body vibrating with a swimming mode | 5. 発行年<br>2022年    |
| 3. 雑誌名<br>Mechanical Engineering Journal  | 6. 最初と最後の頁<br>1-11 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1299/mej.21-00250  | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>-          |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Julius Fergy T Rabago, Hideyuki Azegami  | 4. 巻<br>77            |
| 2. 論文標題<br>A second-order shape optimization algorithm for solving the exterior Bernoulli free boundary problem using a new boundary cost functional | 5. 発行年<br>2020年       |
| 3. 雑誌名<br>Computational Optimization and Applications  | 6. 最初と最後の頁<br>251-305 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s10589-020-00199-7   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-             |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Mai Nonogawa, Kenzen Takeuchi, Hideyuki Azegami                          | 4. 巻<br>62              |
| 2. 論文標題<br>Shape optimization of running shoes with desired deformation properties | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>Structural and Multidisciplinary Optimization                            | 6. 最初と最後の頁<br>1535-1546 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s00158-020-02560-0                             | 査読の有無<br>有              |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)   | 国際共著<br>-               |

|   |                    |
|---|--------------------|
| 1. 著者名<br>Julius Fergy T Rabago, Hideyuki Azegami   | 4. 巻<br>117        |
| 2. 論文標題<br>An improved shape optimization formulation of the Bernoulli problem by tracking the Neumann data | 5. 発行年<br>2019年    |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Engineering Mathematics  | 6. 最初と最後の頁<br>1-29 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s10665-019-10005-x  | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>-          |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Julius Fergy T Rabago, Hideyuki Azegami   | 4. 巻<br>8             |
| 2. 論文標題<br>A new energy-gap cost functional approach for the exterior Bernoulli free boundary problem | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>Evolution Equations and Control Theory (EECT), American Institute of Mathematical Sciences  | 6. 最初と最後の頁<br>785-824 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3934/eect.2019038  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>-             |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Chancharoen Wares, Azegami Hideyuki   | 4. 巻<br>58            |
| 2. 論文標題<br>Topology optimization of density type for a linear elastic body by using the second derivative of a KS function with respect to von Mises stress | 5. 発行年<br>2018年       |
| 3. 雑誌名<br>Structural and Multidisciplinary Optimization   | 6. 最初と最後の頁<br>935-953 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s00158-018-1937-z   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>-             |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>Hayashi Takuya, Azegami Hideyuki                     | 4. 巻<br>10          |
| 2. 論文標題<br>Shape optimization of bodies of musical instruments | 5. 発行年<br>2018年     |
| 3. 雑誌名<br>JSIAM Letters  | 6. 最初と最後の頁<br>29-32 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.14495/jsiaml.10.29              | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)                         | 国際共著<br>-           |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Kiryama Yasuyuki, Katamine Eiji, Azegami Hideyuki                     | 4. 巻<br>32          |
| 2. 論文標題<br>Shape optimisation problem for stability of Navier-Stokes flow field | 5. 発行年<br>2018年     |
| 3. 雑誌名<br>International Journal of Computational Fluid Dynamics                 | 6. 最初と最後の頁<br>68-87 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1080/10618562.2018.1500692                       | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>-           |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Chancharoen Wares, Azegami Hideyuki                 | 4. 巻<br>10          |
| 2. 論文標題<br>Shape optimization for a linear elastic fish robot | 5. 発行年<br>2018年     |
| 3. 雑誌名<br>JSIAM Letters                                       | 6. 最初と最後の頁<br>65-68 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.14495/jsiaml.10.65             | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)                        | 国際共著<br>-           |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>T. Rabago Julius Fergy, Azegami Hideyuki  | 4. 巻<br>36            |
| 2. 論文標題<br>Shape optimization approach to defect-shape identification with convective boundary condition via partial boundary measurement | 5. 発行年<br>2018年       |
| 3. 雑誌名<br>Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics   | 6. 最初と最後の頁<br>131-176 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s13160-018-0337-5   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)  | 国際共著<br>-             |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>畔上秀幸                               | 4. 巻<br>なし         |
| 2. 論文標題<br>形状最適化問題における評価関数の2階微分と H1 Newton 法 | 5. 発行年<br>2017年    |
| 3. 雑誌名<br>数理解析研究所講究録: 現象解明に向けた数値解析学の新展開II    | 6. 最初と最後の頁<br>5-16 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし               | 査読の有無<br>無         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている (また、その予定である)       | 国際共著<br>-          |



|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>Hideyuki Azegami  | 4. 巻<br>なし          |
| 2. 論文標題<br>Second derivatives of cost functions and H1 Newton method in shape optimization problems | 5. 発行年<br>2017年     |
| 3. 雑誌名<br>Mathematical Analysis of Continuum Mechanics and Industrial Applications II               | 6. 最初と最後の頁<br>61-72 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/978-981-10-6283-4   | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている(また、その予定である)   | 国際共著<br>-           |

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Chancharoen Wares, Azegami Hideyuki   | 4. 巻<br>58            |
| 2. 論文標題<br>Topology optimization of density type for a linear elastic body by using the second derivative of a KS function with respect to von Mises stress | 5. 発行年<br>2018年       |
| 3. 雑誌名<br>Structural and Multidisciplinary Optimization   | 6. 最初と最後の頁<br>935-953 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s00158-018-1937-z   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている(また、その予定である)   | 国際共著<br>-             |

[学会発表] 計67件(うち招待講演 12件/うち国際学会 21件)

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>丹後秀一, 下元翼, 畔上秀幸                           |
| 2. 発表標題<br>形状最適化解析を対象にした Karhunen-Loeve 展開によるモデル次元縮退 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2021年度年会                          |
| 4. 発表年<br>2021年                                      |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>竹内謙善, 野々川舞, 高橋秀長, 畔上秀幸 |
| 2. 発表標題<br>ニット素材を対象とする超弾性構成則の提案   |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2021年度年会       |
| 4. 発表年<br>2021年                   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸, 竹内謙善                       |
| 2. 発表標題<br>FreeFEM による超弾性体の有限変形解析と形状最適化への応用 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2021年度年会                 |
| 4. 発表年<br>2021年                             |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸                            |
| 2. 発表標題<br>形状観察に基づく舌筋活動の同定 (密度型位相最適化問題の応用) |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会第31回設計工学・システム部門講演会        |
| 4. 発表年<br>2021年                            |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸                              |
| 2. 発表標題<br>材料力学と数学 (J 積分の解釈を起点として)           |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会M&M 2021 材料力学カンファレンス (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2021年                              |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>丹後秀一, 下元翼, 畔上秀幸                       |
| 2. 発表標題<br>超弾性体の形状最適化解析におけるカルーネン・レーベ展開によるモデル次元縮退 |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会第34回計算力学講演会                     |
| 4. 発表年<br>2021年                                  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Hideyuki Azegami  |
| 2. 発表標題<br>PDE constrained shape optimization problems and their real-world applications                   |
| 3. 学会等名<br>SAB-ATAN 2021: International Conference on Mathematical Sciences and Applications (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸, 小野慎二郎, 吉村太作, 竹内謙善 |
| 2. 発表標題<br>形状観察に基づく舌筋活動の同定         |
| 3. 学会等名<br>第7回嚙下シミュレーション研究会 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2021年                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸                                |
| 2. 発表標題<br>形状最適化問題とその実問題への応用                   |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会 第13回 三部会連携「応用数理セミナー」(招待講演) |
| 4. 発表年<br>2021年                                |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>三本康貴, 杉浦晴海, 畔上秀幸                      |
| 2. 発表標題<br>特発性側彎症患者の医用画像データに基づく骨量増減同定と自然経過予測の可能性 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2022年研究部会連合発表会                |
| 4. 発表年<br>2022年                                  |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>高橋秀長, 野々川舞, 竹内謙善, 畔上秀幸  |
| 2. 発表標題<br>接触圧力を最適化する異方性ニット構造の位相創成 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2022年研究部会連合発表会  |
| 4. 発表年<br>2022年                    |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>林拓也, 畔上秀幸                  |
| 2. 発表標題<br>超弾性体の泳ぎ運動に関わるパラメータ同定と形状最適化 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2020年度年会           |
| 4. 発表年<br>2020年                       |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸, 小野慎二郎, 竹内謙善, 道脇幸博, 菊地貴博  |
| 2. 発表標題<br>医用画像と解剖学的データに基づく嚙下運動における筋活動の同定 |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会2020年度年次大会               |
| 4. 発表年<br>2020年                           |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Julius Fergy T Rabago, Hideyuki Azegami   |
| 2. 発表標題<br>A second-order shape optimization algorithm for solving the exterior Bernoulli free boundary problem using a new boundary cost functional |
| 3. 学会等名<br>Asian Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization 2020 (ACSMO 2020) (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Kenzen Takeuchi, Mai Nonogawa, Hidenaga Takahashi, Hideyuki Azegami                          |
| 2. 発表標題<br>Constitutive law for knitted fabrics as a hyperelastic body and its parameter identification |
| 3. 学会等名<br>Asian Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization 2020 (ACSMO 2020) (国際学会)     |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shinjiro Ono, Hideyuki Azegami, Kenzen Takeuchi, Yukihiro Michiwaki, Takahiro Kikuchi        |
| 2. 発表標題<br>Identification of muscle activity in tongue's motion considering distinguished muscle fibers |
| 3. 学会等名<br>Asian Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization 2020 (ACSMO 2020) (国際学会)     |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Takuya Hayashi, Hideyuki Azegami   |
| 2. 発表標題<br>Shape optimization for generating ideal swimming mode of fish-like hyperelastic body     |
| 3. 学会等名<br>Asian Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization 2020 (ACSMO 2020) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸, 小野慎二郎, 竹内謙善       |
| 2. 発表標題<br>形状観察に基づく舌筋活動の同定         |
| 3. 学会等名<br>第6回嚙下シミュレーション研究会 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2020年                    |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shinjiro Ono, Hideyuki Azegami, Kenzen Takeuchi, Yukihiro Michiwaki, Takahiro Kikuchi               |
| 2. 発表標題<br>Inverse problem to identify muscle activity in swallow motion using geometrical and anatomical data |
| 3. 学会等名<br>The 14th World Congress on Computational Mechanics (WCCM-14) (国際学会)                                 |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Takuya Hayashi, Hideyuki Azegami   |
| 2. 発表標題<br>Shape optimization of a fish-like hyperelastic body vibrating with a swimming mode |
| 3. 学会等名<br>The 14th World Congress on Computational Mechanics (WCCM-14) (国際学会)                |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>三本康貴, 畔上秀幸             |
| 2. 発表標題<br>椎体の形状変形に基づく骨量増減同定      |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2021年研究部会連合発表会 |
| 4. 発表年<br>2021年                   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>下元翼, 丹後秀一, 畔上秀幸                            |
| 2. 発表標題<br>Karhunen-Lo ve 展開によるモデル次数低減を用いた形状最適化解析の高速化 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2021年研究部会連合発表会                     |
| 4. 発表年<br>2021年                                       |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸                         |
| 2. 発表標題<br>超弾性体の終端コンプライアンスに対する領域積分型形状微分 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数学会2021年研究部会連合発表会        |
| 4. 発表年<br>2021年                         |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Mai Nonogawa, Kenzen Takeuchi, Hideyuki Azegami   |
| 2. 発表標題<br>Optimum design of running shoes with desired deformation property                         |
| 3. 学会等名<br>The 13th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization(WCSMO-13) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Julius Fergy T Rabago, Hideyuki Azegami  |
| 2. 発表標題<br>On the ill-posedness and regularization of the shape optimization formulation concerning a geometry identification problem |
| 3. 学会等名<br>The 13th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization(WCSMO-13) (国際学会)                                  |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shinjiro Ono, Hideyuki Azegami, Kenzen Takeuchi, Yukihiro Michiwaki, Takahiro Kikuchi, Keigo Hanyuu, Testu Kamiya |
| 2. 発表標題<br>Identification of muscle activity in tongue's motion through medical image data                                   |
| 3. 学会等名<br>The 13th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization(WCSMO-13) (国際学会)                         |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shuichi Tango, Hideyuki Azegami  |
| 2. 発表標題<br>Acceleration of shape optimization analysis using degeneration by singular value decomposition |
| 3. 学会等名<br>The 13th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization(WCSMO-13) (国際学会)      |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Julius Fergy T Rabago, Hideyuki Azegami  |
| 2. 発表標題<br>A Newton method in Sobolev space for solving free boundary problems                      |
| 3. 学会等名<br>The 9th International Congress on Industrial and Applied Mathematics (ICIAM 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shinjiro Ono, Hideyuki Azegami, Kenzen Takeuchi, Yukihiro Michiwaki, Takahiro Kikuchi, Keigo Hanyuu, Testu Kamiya |
| 2. 発表標題<br>Modeling of muscle activity and its identification through shape observation                                      |
| 3. 学会等名<br>The 9th International Congress on Industrial and Applied Mathematics (ICIAM 2019) (国際学会)                          |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>村木健太, 佐竹正義, 畔上秀幸             |
| 2. 発表標題<br>電磁場の固有値移動に関する形状最適化問題と導波管への応用 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数学会2019年度年会              |
| 4. 発表年<br>2019年                         |



|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>新谷浩平, 畔上秀幸                     |
| 2. 発表標題<br>H1勾配法に基づく複数材料を考慮したロバストトポロジー最適化 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2019年度年会               |
| 4. 発表年<br>2019年                           |

|                                 |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名<br>下元翼, 時田恵一郎, 畔上秀幸     |
| 2. 発表標題<br>形状最適化におけるパラメータチューニング |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会第32回計算力学講演会    |
| 4. 発表年<br>2019年                 |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸, 小野慎二郎, 竹内謙善        |
| 2. 発表標題<br>形状観察に基づく舌の筋活動同定問題の定式化と解法 |
| 3. 学会等名<br>第5回嚙下シミュレーション研究会(招待講演)   |
| 4. 発表年<br>2019年                     |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸  |
| 2. 発表標題<br>形状最適化問題とその応用  |
| 3. 学会等名<br>第31回RAMP数理最適化シンポジウム (RAMP2019), 日本オペレーションズ・リサーチ学会(招待講演) |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Julius Fergy T Rabago, Hideyuki Azegami  |
| 2. 発表標題<br>On a shape optimization approach to the quadrature surface free boundary problem |
| 3. 学会等名<br>The 7th Asian-Pacific Congress on Computational Mechanics (APCOM2019) (国際学会)     |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>西川弘一郎, 畔上秀幸                 |
| 2. 発表標題<br>医用画像データに基づく特発性側彎症患者別骨量変化の同定 |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会第32回バイオエンジニアリング講演会    |
| 4. 発表年<br>2019年                        |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸                                |
| 2. 発表標題<br>形状最適化問題とその応用                        |
| 3. 学会等名<br>非線形CAE協会, 解析モデリング研究会, 第5回分科会 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2020年                                |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸, RabagoJFT, 相野眞行  |
| 2. 発表標題<br>On the existence of a solution to a shape optimization problem |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2020年研究部会連合発表会   |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>林拓也, 畔上秀幸              |
| 2. 発表標題<br>魚型超弾性体の泳ぎモード創生問題       |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2020年研究部会連合発表会 |
| 4. 発表年<br>2020年                   |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>西川弘一郎, 畔上秀幸              |
| 2. 発表標題<br>形状変化に基づく特発性側彎症患者別骨量変化の同定 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2020年研究部会連合発表会   |
| 4. 発表年<br>2020年                     |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>小野慎二郎, 畔上秀幸, 竹内謙善, 道脇幸博, 菊地貴博 |
| 2. 発表標題<br>形状観測データに基づく舌の筋活動同定に関する研究      |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2020年研究部会連合発表会        |
| 4. 発表年<br>2020年                          |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>齋藤元滋, 佐原資謹, 畔上秀幸       |
| 2. 発表標題<br>消化管の蠕動運動を励起する筋配置同定問題   |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2020年研究部会連合発表会 |
| 4. 発表年<br>2020年                   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Wares Chancharoen, Hideyuki Azegami  |
| 2. 発表標題<br>Shape optimization realizing given vibration mode and its application to fish robot      |
| 3. 学会等名<br>Asian Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization 2018 (ACSMO 2018) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Hideyuki Azegami, Ryota Kurimoto, Genji Saito, Kenzen Takeuchi, Yukihiro Michiwaki, Takahiro Kikuchi, Keigo Hanyuu, Testu Kamiya |
| 2. 発表標題<br>Muscle activity identification based on shape observation  |
| 3. 学会等名<br>Asian Congress of Structural and Multidisciplinary Optimization 2018 (ACSMO 2018) (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Wares Chancharoen, Hideyuki Azegami                |
| 2. 発表標題<br>Shape optimization for a linear elastic fish robot |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2018年度年会                                   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Julius Fergy T Rabago, Hideyuki Azegami  |
| 2. 発表標題<br>An Improved Shape Optimization Formulation of the Bernoulli Problem by Tracking the Neumann Data |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2018年度年会   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸  |
| 2. 発表標題<br>形状最適化理論と実問題への応用                                   |
| 3. 学会等名<br>ポスト「京」重点課題(8)・重点課題(6) 第2回 HPCものづくり統合ワークショップ(招待講演) |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸, 栗本涼太, 齋藤元滋, 竹内謙善, 道脇幸博, 菊地貴博, 羽生圭吾, 神谷哲 |
| 2. 発表標題<br>形状観察に基づく筋活動同定問題の定式化と解法                        |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会 第13回最適化シンポジウム (OPTIS 2018)             |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Julius Fergy T Rabago, Hideyuki Azegami  |
| 2. 発表標題<br>An efficient second-order method for the numerical resolution of the exterior Bernoulli problem via "partial" gradient |
| 3. 学会等名<br>The 6th Asian Conference on Nonlinear Analysis and Optimization (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Julius Fergy T Rabago, Hideyuki Azegami  |
| 2. 発表標題<br>A novel shape optimization formulation of the exterior Bernoulli free boundary problem |
| 3. 学会等名<br>The Computational Techniques and Applications Conference (CTAC) 2018 (国際学会)            |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸                               |
| 2. 発表標題<br>形状最適化問題における評価関数の2階微分とNewton法       |
| 3. 学会等名<br>大阪大学MMDSワークショップ 工学と数学の接点を求めて(招待講演) |
| 4. 発表年<br>2018年                               |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Julius Fergy T Rabago, Hideyuki Azegami  |
| 2. 発表標題<br>A new energy-gap cost functional approach for the exterior Bernoulli free boundary problem |
| 3. 学会等名<br>日本応用数学会2019年研究部会連合発表会  |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>野々川舞, 竹内謙善, 畔上秀幸            |
| 2. 発表標題<br>スポーツシューズの変形特性に関する評価指標と形状最適化 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数学会2019年研究部会連合発表会       |
| 4. 発表年<br>2019年                        |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>畔上秀幸                     |
| 2. 発表標題<br>形状最適化問題における評価関数の2階微分について |
| 3. 学会等名<br>日本応用数学会2019年研究部会連合発表会    |
| 4. 発表年<br>2019年                     |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Takuya Hayashi, Hideyuki Azegami   |
| 2. 発表標題<br>Shape Optimization for Bodies of Musical Instruments                                       |
| 3. 学会等名<br>The 12th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization (WCSMO-12) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Wares Chancharoen, Hideyuki Azegami   |
| 2. 発表標題<br>Topology Optimization of Density Type for Linear Elastic Body Using the Second Derivative of KS function with Respect to the von Mises Stress |
| 3. 学会等名<br>The 12th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization (WCSMO-12) (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2017年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>畔上 秀幸, 福岡 福治                                      |
| 2. 発表標題<br>Stokes 流れ場の密度型位相最適化問題における平均流れ抵抗の2階微分と H1 Newton 法 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2017年度年会                                  |
| 4. 発表年<br>2017年  |

|                                     |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>半田 翔一, 畔上 秀幸             |
| 2. 発表標題<br>与えられた運動に対するリンク機構の形状最適化問題 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2017年度年会         |
| 4. 発表年<br>2017年                     |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名<br>村木 健太, 畔上 秀幸           |
| 2. 発表標題<br>ハイパスフィルターとしての導波管の形状最適化 |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会第30回計算力学講演会      |
| 4. 発表年<br>2017年                   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>栗本 涼太, 出口 秀輝, 羽生 圭吾, 道脇 幸博, 菊地 貴博, 神谷 哲, 畔上 秀幸 |
| 2. 発表標題<br>形状観測に基づく筋活動同定問題の定式化                            |
| 3. 学会等名<br>日本機械学会 M&M 2017 材料力学カンファレンス                    |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>畔上 秀幸, 栗本 涼太, 齋藤 元滋, 竹内 謙善 |
| 2. 発表標題<br>嚙下運動の観測データに基づく筋活動同定問題の定式化  |
| 3. 学会等名<br>第3回嚙下シミュレーション研究会           |
| 4. 発表年<br>2017年                       |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>畔上 秀幸   |
| 2. 発表標題<br>形状最適化理論と製品設計への応用  |
| 3. 学会等名<br>AIMaP チュートリアル「最適化理論の基礎と応用」, 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2018年  |



|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Julius Fergy Rabago, Hideyuki Azegami   |
| 2. 発表標題<br>Shape optimization approach to inverse problems in corrosion detection from partial Cauchy data |
| 3. 学会等名<br>IUTAM Symposium on Recent Advances in Moving Boundary Problems in Mechanics (国際学会)              |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>畔上 秀幸   |
| 2. 発表標題<br>形状最適化理論と製品設計への応用                                  |
| 3. 学会等名<br>ソフトウェアセミナー：最適設計の数値とその実践，日本応用数学会応用数値ものづくり研究会（招待講演） |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>丹後 秀一，畔上 秀幸               |
| 2. 発表標題<br>特異値分解による縮退を用いた形状最適化解析の高速化 |
| 3. 学会等名<br>日本応用数学会2018年研究部会連合発表会     |
| 4. 発表年<br>2018年                      |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Julius Fergy Rabago, Hideyuki Azegami  |
| 2. 発表標題<br>On the shape Hessian of a least-squares-type cost functional associated with a cavity identification problem |
| 3. 学会等名<br>日本応用数学会2018年研究部会連合発表会  |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Wares Chancharoen, Hideyuki Azegami   |
| 2. 発表標題<br>Shape optimization realizing given vibration mode and its application to fish robot |
| 3. 学会等名<br>日本応用数理学会2018年研究部会連合発表会  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

〔図書〕 計1件

|                                      |                 |
|--------------------------------------|-----------------|
| 1. 著者名<br>Hideyuki Azegami           | 4. 発行年<br>2020年 |
| 2. 出版社<br>Springer                   | 5. 総ページ数<br>646 |
| 3. 書名<br>Shape optimization problems |                 |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|                           |                       |    |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|         |         |